

■出版單位：財團法人中華民國輻射防護協會  
■地 址：新竹市光復路二段406號2樓 ■電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521  
■編輯委員：王嵩峰、李四海、林友明、邱賜聰、翁寶山、許文林  
陳為立、陳宜彬、董傳中、蔡昭明、劉仁賢、蘇明峰（依筆劃順序）  
■發行人：曾德霖 ■主 編：劉代欽 ■文 編：李孝華  
■印刷所：大洋實業社 地址：新竹市光復路二段376之9號  
行政院新聞局出版事業登記證局版北市誌字第柒伍零號

## □輻防消息報導

### ▲「輻射安全宣導教育首頁」繼續提供服務

(高醫 張寶樹、原能會 葉錦勳)

「南部地區國小、國中、高中輻射安全宣導計畫」已於今年 6 月 30 日正式結束。這一年度總計對 65 所學校、約 17,000 名師生提供免費的「輻射安全宣導」講演，由高醫張寶樹主講，經費由原能會宣導溝通中心提供。「輻射安全宣導」講演除了透過簡易的輻射安全實驗外，並提供各級學校輻射安全講義與資料，讓聽講者能夠深刻地體會輻射安全的重要性。

這一年度所執行的校園輻射安全宣導計畫，建立「輻射安全宣導教育首頁」，其網址為：

<http://www.geocities.com/HotSprings/Villa/9521/radiation.htm>

「輻射安全宣導教育首頁」在這一年來，約有 2,000 人上網，索取免費贈送輻射常識撲克牌的人數約有 1,200 人，並約有 100 人利用 e-mail 詢問「輻射安全」問題，e-mail 帳號為：paoshu@cc.kmc.edu.tw。

雖然「南部地區國小、國中、高中輻射安全宣導計畫」已經結束，已不再提供免費的「輻射安全宣導」講演與免費贈送輻射常識撲克牌，但其所建立的「輻射安全宣導教育首頁」仍繼續提供各項「輻射安全」問題免費答覆的服務，期盼各界繼續指教。對外提供免費服務的 e-mail 帳號仍為：paoshu@cc.kmc.edu.tw。

原能會宣導溝通中心所提供的「南部地區國小、國中、高中輻射安全宣導計畫」，共計執行 3 年半，主要在南部地區共計在 200 所以上的學校，舉辦高水準的、專業的、學術的「輻射安全」宣導教育，共約 60,000 人聽講。這一長期在南部各級學校為老師學生們教育輻射安全，宣導績效顯著。原能會為「輻射安全教育」向下扎根的用心，已獲得安排輻射安全宣導講演的南部各級學校之肯定與好評，這也是原能會很重要的施政成果之一。

### ▲我國醫用輻射作業場所之輻射工作人員工作條件調查

(高醫 張寶樹、原能會 蔡友頌、陳志平)

依據「游離輻射防護安全標準」第八條的規定，醫用輻射作業場所之輻射

工作人員，其工作條件的分為甲種狀況與乙種狀況。甲種狀況是指醫用輻射工作人員一年之曝露可能超過年個人劑量限度十分之三者，乙種狀況是指醫用輻射工作人員一年之曝露不可能超過年個人劑量限度十分之三者。依據「游離輻射防護安全標準」第九條職業曝露之年個人劑量限度之規定，醫用輻射工作人員職業曝露之年個人劑量限度全身之有效等效劑量於一年內不得超過 50 毫西弗 (mSv)，所以醫用輻射作業場所之輻射工作人員，其甲種狀況的工作條件是指一年之曝露可能超過 15 毫西弗，乙種狀況的工作條件是指一年之曝露不可能超過 15 毫西弗。依據「游離輻射防護安全標準」第四十四條的規定，甲種狀況的工作條件之地區應劃定為管制地區，應訂有管制措施，其入口處及區內適當地點，應設置輻射示警標誌及必要之警語。

依據擬修定的「游離輻射防護安全標準」，輻射工作場所除了有劃定管制地區之規定外，再添加限制地區與非限制地區的規定。限制地區是指在輻射工作場所之界線內，管制地區以外之地區，非限制地區是指人員進入不受事業單位管制或限制之地區，所以醫用輻射工作場所內之各輻射作業場所應依輻射狀況可能造成醫用輻射工作人員曝露之程度劃分為限制區及管制地區。

我國提供人員劑量計服務的機構有 3 個，行政院原子能委員會核能研究所保健物理組(簡稱核研)、國立清華大學原子科學技術發展中心保健物理組(簡稱清華)、財團法人中華民國輻射防護協會(簡稱輻協)。

民國 84 年佩戴核研人員劑量計的有

放射線治療 439 人、放射線診斷 2996 人、核子醫學 373 人，總計 3808 人。民國 85 年有放射線治療 463 人、放射線診斷 3118 人、核子醫學 391 人，總計 3972 人。民國 86 年有放射線治療 431 人、放射線診斷 2905 人、核子醫學 372 人，總計 3708 人。84 年人員劑量數據之劑量統計為放射線治療 1.9 人侖目，平均每人每年 44.0 $\mu$  Sv，放射線診斷 16.8 人侖目，平均每人每年 56.2 $\mu$  Sv，核子醫學 4.4 人侖目，平均每人每年 117.7 $\mu$  Sv。最大劑量是有 1 人從事放射線診斷獲得 31mSv/y。85 年人員劑量數據之劑量統計為放射線治療 1.3 人侖目，平均每人每年 28.1 $\mu$  Sv，放射線診斷 15.6 人侖目，平均每人每年 50.1 $\mu$  Sv，核子醫學 3.8 人侖目，平均每人每年 96.2 $\mu$  Sv。最大劑量是有 1 人從事放射線診斷獲得 21.5mSv/y。86 年人員劑量數據之劑量統計為放射線治療 0.5 人侖目，平均每人每年 12.5 $\mu$  Sv，放射線診斷 18.7 人侖目，平均每人每年 64.4 $\mu$  Sv，核子醫學 4.9 人侖目，平均每人每年 131.2 $\mu$  Sv。最大劑量是有 1 人從事放射線診斷獲得 18.8mSv/y，有 1 人從事核子醫學獲得 18.5mSv/y。

民國 84 年佩戴清華人員劑量計的有放射線治療 36 人、放射線診斷 3017 人、核子醫學 151 人，總計 3204 人。民國 85 年有放射線治療 151 人、放射線診斷 3294 人、核子醫學 89 人，總計 3534 人。民國 86 年有放射線治療 140 人、放射線診斷 3051 人、核子醫學 86 人，總計 3277 人。84 年人員劑量數據之劑量統計為放射線治療 5.4 人毫西弗，平均每人每年 150.7 $\mu$  Sv，放射線診斷 220.7 人毫西弗，平均每人每年 73.1 $\mu$  Sv，核子醫

學 10.0 人毫西弗，平均每人每年 66.4 $\mu$  Sv。最大劑量是有 1 人從事放射線診斷獲得 24.1mSv/y。85 年人員劑量數據之劑量統計為放射線治療 4.6 人毫西弗，平均每人每年 29.7 $\mu$  Sv，放射線診斷 304.0 人毫西弗，平均每人每年 92.3 $\mu$  Sv，核子醫學 7.9 人毫西弗，平均每人每年 88.9  $\mu$  Sv。最大劑量是有 1 人從事放射線診斷獲得 46.0mSv/y。86 年人員劑量數據之劑量統計為放射線治療 3.4 人毫西弗，平均每人每年 24.3 $\mu$  Sv，放射線診斷 182.3 人毫西弗，平均每人每年 59.7 $\mu$  Sv，核子醫學 7.3 人毫西弗，平均每人每年 84.5 $\mu$  Sv。最大劑量是有 1 人從事放射線診斷獲得 38.2mSv/y。

民國 85 年佩戴輻協人員劑量計的有放射線治療 24 人、放射線診斷 7 人、核子醫學 0 人，總計 31 人。民國 86 年有放射線治療 168 人、放射線診斷 1660 人、核子醫學 49 人，總計 1877 人。85 年人員劑量數據之劑量統計為人員劑量均 $\leq 0.1$ mSv。86 年人員劑量數據之劑量統計為放射線治療 4.5 人毫西弗，平均每人每年 26.6 $\mu$  Sv，放射線診斷 45.7 人毫西弗，平均每人每年 27.5 $\mu$  Sv，核子醫學 2.2 人毫西弗，平均每人每年 44.9 $\mu$  Sv。最大劑量是有 1 人從事放射線診斷獲得 24.9mSv/y。

全國醫用輻射作業場所的輻射工作人員，佩戴核研、清華、輻協等三個機構所提供人員劑量服務，其人數統計為：84 年放射線治療 475 人、放射線診斷：6,013 人、核子醫學 524 人，總計 7,012 人。85 年放射線治療 642 人、放射線診斷 6,419 人、核子醫學 480 人，總計 7,541 人。86 年放射線治療 739 人、放射線診斷 7,616 人、核子醫學 507 人，總計

8,862 人。

近 3 年來人員輻射劑量統計結果為：84 年放射線治療 7.4 人毫西弗、平均值每人每年 15.5  $\mu$  Sv、最大值 9.6mSv。放射線診斷 389.1 人毫西弗、平均值每人每年 64.7 $\mu$  Sv、最大值 31.0mSv。核子醫學 10.0 人毫西弗、平均值每人每年 102.9 $\mu$  Sv、最大值 6.1mSv。85 年放射線治療 17.6 人毫西弗、平均值每人每年 27.4 $\mu$  Sv、最大值 3.5mSv。放射線診斷 460.2 人毫西弗、平均值每人每年 71.7 $\mu$  Sv、最大值 46.0mSv。核子醫學 45.5 人毫西弗、平均值每人每年 94.8  $\mu$  Sv、最大值 1.5mSv。86 年放射線治療 13.3 人毫西弗、平均值每人每年 18.0 $\mu$  Sv、最大值 2.3mSv。放射線診斷 415.0 人毫西弗。平均值每人每年 54.5  $\mu$  Sv 最大值 38.2mSv。核子醫學 58.3 人毫西弗、平均值每人每年 114.9 $\mu$  Sv、最大值 18,500  $\mu$  Sv。

近 3 年人員劑量統計結果分析得知：84 年人員劑量數據之劑量統計得知，從事放射線診斷的醫用輻射工作人員有 1 人獲得 31mSv 的全身有效等效劑量。計有 1 人的劑量值大於 15mSv，此人從事放射線診斷的醫用輻射工作。85 年人員劑量數據之劑量統計，從事放射線診斷的醫用輻射工作人員有 1 人獲得 46.0mSv 的全身有效等效劑量，1 人獲得 32.8mSv 的全身有效等效劑量，1 人獲得 27.1mSv 的全身有效等效劑量，1 人獲得 21.5mSv 的全身有效等效劑量。計有 4 人的劑量值大於 15mSv，此 4 人均從事放射線診斷的醫用輻射工作。86 年人員劑量數據之劑量統計，從事放射線診斷的醫用輻射工作人員有 1 人獲得

18.8mSv 的全身有效等效劑量，從事核子醫學的醫用輻射工作人員有 1 人獲得 18.5mSv 的全身有效等效劑量，從事放射線診斷的醫用輻射工作人員有 1 人獲得 38.2mSv 的全身有效等效劑量，從事放射線診斷的醫用輻射工作人員有 1 人獲得 22.1mSv 的全身有效等效劑量，從事放射線診斷的醫用輻射工作人員有 1 人獲得 24.9mSv 的全身有效等效劑量。計有 5 人的劑量值大於 15mSv，其中，有 4 人從事放射線診斷的醫用輻射工作，有 1 人從事核子醫學診斷的醫用輻射工作。

從近 3 年的人員輻射劑量統計分析得知，從事放射線診斷的醫用輻射工作人員，每年均有醫用輻射工作人員所接受的輻射劑量值大於 15 毫西弗(mSv)，所以放射線診斷的醫用輻射作業場所應屬於甲種狀況，應該將其劃為管制地區。

由於放射線診斷的醫用輻射作業場所所屬的範圍很廣，包括急診 x 光室、一般 x 光室、急診電腦斷層攝影室、一般電腦斷層攝影室、一般心導管室、數位遞減心導管(DSA)室、泌尿系統攝影室、胸部 x 光室、上消化道(UGI)與下消化道(LGI)攝影室、乳房攝影(mammography)室等，每家醫療院所的放射線診斷的醫用輻射作業量差異頗大，所以應該對不同放射線診斷的醫用輻射作業場所、不同的醫療院所進行細部分析，以進一步區分那一家醫療院所的那一種放射線診斷的醫用輻射作業場所必須將其劃為管制地區。在未完成細部分析之前，基於輻射防護保守的態度，應該將放射線診斷的醫用輻射作業場所劃為管制地區。

從近 3 年的人員輻射劑量統計分析得知，從事核子醫學的醫用輻射工作人員，僅有 1 年有 1 人的輻射劑量值大於 15 毫西弗(mSv)，所以核子醫學的醫用輻射作業場所也應該屬於甲種狀況，應該將其劃為管制地區。

由於核子醫學的醫用輻射作業場所所屬的範圍有限，除了臺北榮民總醫院核子醫學部擁有小型迴旋加速器之外，一般僅包括掃描室(scan room)、注射室與放射免疫分析(RIA)室。由於核子醫學的醫用輻射作業場所所有醫用輻射工作人員的全身有效等效劑量大於 15 毫西弗(mSv)，所以基於輻射防護保守的態度，應該將核子醫學的醫用輻射作業場所劃為管制地區。

從近 3 年的人員輻射劑量統計分析得知，從事放射線治療的醫用輻射工作人員，近 3 年來沒有人的輻射劑量值大於 15 毫西弗(mSv)，所以放射線治療的醫用輻射作業場所應屬於乙種狀況，但放射線治療的醫用輻射作業場所仍屬於輻射工作場所之界線內，應該將其劃為限制地區。

由於放射線治療的醫用輻射作業場所所屬的範圍單純，僅有遠隔治療室、近接治療室與模擬定位室，但是放射線治療的醫用輻射輸出是屬於高能量、高劑量，遠大於放射線診斷與核子醫學，所以基於輻射防護保守的態度，放射線治療的醫用輻射工作人員一年之曝露仍有"可能"超過 15 毫西弗(mSv)之全身有效等效劑量，建議可以該將從事放射線治療的醫用輻射作業場所劃為管制地區。

因為晶片狀 LiF 熱發光劑量計(TLDs)係採用標準 $\gamma$ 射源進行照射校正，所以晶

片狀 LiF 熱發光劑量計的數據是以毫侖琴(mR)為單位。計讀 TLDs 所得的數據是曝露量 X 要換算為吸收劑量 D 須乘以一個曝露與吸收劑量的轉換因數 (conversion factor)  $f_{LiF}$ 。

$$D = X \times f_{LiF} \quad (1)$$

其中，曝露與吸收劑量的轉換因數  $f_{LiF}$  是光子能量的函數，轉換因數  $f_{LiF}$  可以查閱 ICRP Publication No.75。

等效劑量  $H_T$  或有效等效劑量  $H_E$  的計算為：

$$H_T = D \times Q \quad (2)$$

$$H_E = \sum_T W_T H_T \quad (3)$$

其中，Q 為射質因數， $W_T$  為組織加權因數。Q 與  $W_T$  可以查閱 ICRP Publication No.26&30。

利用晶片狀 LiF 熱發光劑量計放置在放射線治療、放射線診斷與核子醫學等 3 種醫用輻射作業場所測量環境輻射劑量，因為醫用輻射的光子能量(x 光、 $\gamma$  射線)的範圍分布很廣，從 30keV 至 15MeV，所以曝露與吸收劑量的轉換因數  $f_{LiF}$  的變化從  $>1$  到  $<1$  均有可能。為避免單位換算的困擾，醫用輻射作業場所測量環境輻射劑量仍以毫侖琴(mR)為單位，或將曝露與吸收劑量的轉換因數  $f_{LiF}$  假設為 1，所以曝露與等效劑量、有效等效劑量可視為  $1R=10mSv$ 、 $1mR=0.01mSv$ 、 $1mSv=100mR$ 。

根據「游離輻射防護安全標準」第八條的規定得知，甲種狀況是指工作人員一年之曝露可能超過 15 毫西弗(mSv)之全身有效等效劑量，乙種狀況是指工作人員一年之曝露不可能超過 15 毫西弗(mSv)之有效等效劑量。若將其以毫侖琴

(mR)為單位時，甲種狀況是指工作人員一年之曝露可能超過 1500 毫侖琴(mR)之劑量，乙種狀況是指工作人員一年之曝露不可能超過 1500 毫侖琴之劑量。

利用晶片狀 LiF 熱發光劑量計放置在各醫療院所的各種醫用輻射作業場所，測量所得環境輻射劑量分析如下：

(1) 高雄市立婦幼醫院放射科最大值為 105.31mR/y，飛龍治癌中心最大值為 92.29mR/y。(2) 財團法人高雄醫學院附設中和紀念醫院放射科最大值為 92.44mR/y，放射線治療科最大值為 92.29mR/y，核子醫學科最大值為 1029.10mR/y，牙科最大值為 125.62mR/y。(3) 高雄長庚醫院(含兒童醫院)放射部最大值為 138.32mR/y，放射腫瘤部最大值為 920.44mR/y，核子醫學部最大值為 138.74mR/y。(4) 高雄榮民總醫院放射部最大值為 143.02mR/y，放射腫瘤部最大值為 134.64mR/y，核子醫學部最大值為 236.65mR/y，牙科部最大值為 141.43mR/y。(5) 臺北市三軍總醫院放射腫瘤部最大值為 284.65mR/y。(6) 臺北市榮民總醫院核子醫學部最大值為 1815.10mR/y，I-131 治療病房最大值為 102.33mR/y。(7) 羅東鎮聖母醫院放射科最大值為 142.15mR/y。(8) 高雄市立小港醫院放射科最大值為 101.72mR/y，牙科最大值為 84.97mR/y。(9) 高雄市印惠牙科：最大值為 149.86mR/y。

利用晶片狀 LiF 熱發光劑量計放置在各醫療院所的各種醫用輻射作業場所，測量所得環境輻射劑量數據中，只有臺北市榮民總醫院核子醫學部廢料儲存室的環境輻射劑量 1815.10mR/y  $>$  1500mR/y，其餘的環境輻射劑量均小於 1500mR/y。

比較值得一提的是臺北市榮民總醫院核子醫學部小型迴旋加速器的環境輻射劑量為 158.98mR/y、正子發射斷層攝影 (PET) 室的環境輻射劑量為 457.38mR/y，高雄長庚醫院放射腫瘤部 Siemens LINAC(6、10MV)的環境輻射劑量為 920.44mR/y(相當值)，財團法人高雄醫學院附設中和紀念醫院核子醫學科的核醫藥物注射室的環境輻射劑量為 1029.10mR/y，上述的環境輻射劑量值均小於 1500mR/y。

因為只有臺北市榮民總醫院核子醫學部廢料儲存室的環境輻射劑量大於 1500mR/y，所以此處的醫用輻射作業場所應屬於甲種狀況，應該將其劃為管制地區。

因為其餘的環境輻射劑量均小於 1500mR/y，所以有除臺北市榮民總醫院核子醫學部廢料儲存室之外，其於醫用輻射作業場所應屬於乙種狀況，應該將其劃為限制地區，但是基於醫用輻射輸出是屬於各種高低能量、各種高低劑量，所以基於輻射防護保守的態度，上述各種醫用輻射作業場所的醫用輻射工作人員一年之曝露仍有"可能"超過 15 毫西弗(mSv)之全身有效等效劑量，建議可以該將各種醫用輻射作業場所劃仍然為管制地區。

### ▲由擎天崗落塵談ICRP直線無低限假設 (核研所核安會 蘇獻章)

六月十五日各報以醒目標題報導：「擎天崗殘留高倍核種落塵」，「陽明山落塵核種輻射值高」，「爬草山，別擔心！原能會指再高一百倍才會為害人

體」。許多朋友打電話來詢個究竟，他們關心的是有沒有危險？相信一定有許多人從此不敢再上陽明山或擎天崗。過去幾年，國內發生輻射鋼筋和輻射道路等輻射安全相關事件，媒體常製造聳動標題，以醒讀者耳目，而內容則常有類似：「有輻射(污染)，但沒有危險」或「背景(安全)值的幾倍」等字眼，弄得老百姓一頭霧水。老百姓的想法很簡單，既然沒有危險，為何要報導呢？當然學者或官員也一定有難言之苦，明明是引用ICRP直線無低限(以下簡稱LNT)的假設，告知危險度為萬分之一至億分之一。但殊不知，老百姓對再小的危險度直覺上都是有危險的，LNT與危險度都是ICRP的傑作。但不能引用它來向一般人士解釋。當然LNT在各國引起很大的爭議，以下相關資訊供參考，至於國內法規是否引用LNT，仍值得討論。

聯合國所出UNSCEAR報告，曾明確指出「全世界所有高背景輻射地區居民，至今仍無法證明有較高輻射致癌例子」較完整的幾項調查有：美國科羅拉多高原區所屬七個州的輻射背景為全美平均值三倍，但居民的致癌率低於全國平均值的15%。中國廣東省陽江地區年劑量為對照區之2.7倍，但十幾年研究顯示，陽江地區與對照區的癌症死亡率沒有統計學上的差異。印度Kerala地區劑量率為鄰近鎮的四倍，但經Kerala 12918人的統計分析，其健康效應並沒有比鄰鎮5938人差。另外巴西Guarapari自然背景六倍地區，亦無嚴重的健康效應發現。

今年六月六日至十日在波士頓舉行的美洲核能學會(ANS)，會前ANS對低劑量效應已有「立場申明」分發與會人員參閱，其內容與美國保健物理學會

(AHPS)所持立場一致，即：「100mSv劑量以下，沒有任何資料顯示有傷害效應。」在Biology and Medicine分組論文，有多篇挑戰ICRP的LNT假設不當與缺失。其中中國Shu-Zheng Liu從分子、細胞及整體結構，探討輻射有免疫機制。美國T.D.Lucky報導餵食鈾的老鼠，其生殖率與生命皆有增長的現象。且另統計十四萬輻射工作者(平均劑量為5.5mSv)，其癌症死亡率比十三萬六千位控制樣本為低。日本Sandao Hattori以氡當射源來研究動物的低劑量效應，發現確實有激效(Homesis)存在。在panel discussion上，不苟同ICRP的LNT假設聲音很大，日本Hattori認為ICRP已徹底潰敗，但除將所有科學證據送交ICRP參考外，似無其他辦法可施。哈佛大學R.Wilson試為：最有效方法為訴諸法庭，理由是浪費巨額人民納稅錢，對人民健康反而有害，然而誰來提告訴？會中AHPS與ANS認為低劑量無害的立場一致，而DOE亦樂見低劑量無害說，但NRC與NCRP持續一貫保守立場。因此LNT假設是否會被美國各界採用仍有待觀察。

個人認為激效可能存在，但輻防人員似不必宣揚低劑量有益健康，劑量仍應合理抑低，但千萬不引用LNT與危險度的假設來作溝通。(感謝樂元琦先生提供資料)

#### ▲紀念席博先生 (輻協翁寶山)

過去領導科學小組研發出鈾的席博(Glenn Seaborg, 1912-1999)先生，已於1999年2月26日於位在美國加州拉法葉的家中過世。鈾(符號為Pu)，以前寫為

鏷，大陸寫成鈾，就是在1945年8月9日摧毀日本長崎所用原子彈的原料。

享年86歲的席博先生，因為去年(1998)8月從梯子摔下而受重創，後來他全身幾乎都呈麻痺狀態，到了2月26日則因併發症心臟病死亡。

席博先生和他領導的小組，一共研製出鈾、錒、鏷、鏷等九種人造元素，質量都比鈾重。他於1951年和物理學家麥米蘭共同榮獲諾貝爾化學獎，而他也曾擔任美國前原子能委員會會主任委員長達10年之久，並歷任美國總統的科學政策顧問。他曾應邀來台灣訪問，與我國行政院原子能委員會的官員頗為熟稔。

在1997年發現的第106種元素，美國以他的名字作為命名，英文稱為Seaborgium，符號為Sg。惟當時未被國際純化學與應用化學聯盟採用，因依規定不能用仍健在的人作為元素的命名。他一生很努力地告訴公眾關於核能的利益以及放射性核種在醫、工、生物、物理等方面的應用。

## □會議訓練報導

### ▲鹽坑 古都 茶黨

(輻協翁寶山)

#### 一、楔子

美國保健物理學會第44屆年會係於1999年6月27日至7月1日在賓州費城舉行，這也是本協會海外諮詢委員一年一度聚會的好時機。遠在會前六個月筆者即開始規劃如何組團參與此盛會，順道作參觀訪問以了解保健物理近年來發展的趨勢。

經函詢各有關單位派員赴會，獲得了良好的回應。實際赴會者計有：原會蔡友頌、賴貴和二先生，核研所游景熊、邱志宏二先生，偵測中心黃景鐘先生，台電李明樹先生，以及輻協曾德霖先生與筆者。

## 二、啟程

在 6 月 22 日我們一行 7 人(李明樹後來加入)搭乘長榮班機飛舊金山，轉機赴鳳凰城，再轉機赴阿布克基市(新墨西哥州的首府)。長途飛行加上時差，抵達阿布克基市機場附近的旅館時已是深夜。

翌日(6 月 23 日)又到機場臨時購買機票，搭乘小飛機(如台東至蘭嶼的班機)至叩爾斯巴(Carlsbad)，吳全富夫婦親自到機場接機。叩爾斯巴係仿捷克一城鎮命名，第一音節發音為叩而非熟悉的卡。此城在捷克有多處的溫泉，居民用以健身和休閒活動。但在美國卻是位於沙漠之中。

## 三、鹽坑

訪問首站為位於叩爾斯巴的廢料隔離先導工廠，英文簡稱為 WIPP。這是全球第一座收集含超鈾(TRU)元素的廢料。廠址及設備是屬於美國能源部，但經營者卻為西屋公司，也就是俗稱的公辦民營。

廠址係選擇在新墨西哥州沙漠地帶的鹽礦層。沙漠地帶天氣乾燥，有鹽礦的地方地下水不存在，地質也很穩定。廠址方圓內 16 英里毫無人煙，沙漠中仍可看到野草和小灌木，並非一片無限的黃沙，在景觀上還算不錯，僅是天氣稍酷熱些。

我們一行七人在本協會海外諮詢委

員會主席吳全富博士安排之下，事先早已辦妥參觀手續(須向能源部報備)，故很順利地步入簡報室，聽取 WIPP 的介紹，說明下到深達 2150 英尺坑道應注意的事項，以及欣賞影片。

下坑道之前，需要攜一些安全配備，諸如頭盔、頭燈、過濾空氣罐等，看起來很像全副武裝的礦工，升降機每次只能容納四人，我們分兩批下坑道。

到了放置廢料桶的坑道，眼界大開。整個坑道是在鹽層裏面，除了主坑道，還有分支坑道，工程的浩大，難以想像。我們分搭乘兩輛電動車，每輛有一位陪同人員作說明。他們說日子久了，放置廢料桶的坑道天花板會逐漸下陷，最後把廢料桶包在鹽層裏面，既結實堅牢又安全。陪同人員用榔頭敲下一些鹽礦相贈，以內含有水滴者為上品，惜未找到。

參觀 WIPP 之後，略作休息。吳全富的夫人帶我們去看號稱為世界八大奇景之一的鐘乳石，距叩爾斯巴約一小時的車程。位於沙漠地下成長的鐘乳石，大者可達兩層樓高，奇形怪狀，再加以對鐘乳石的命名別出心裁，不愧為八大奇景之一。入夜與西屋在 WIPP 的負責人以及吳全富夫婦共進晚餐，賓主盡歡。

## 四、古都

在酷熱的沙漠天氣中，6 月 25 日我們搭乘小飛機先回阿布克基市，然後轉機北上到新新那堤，在機場和李明樹先生會合，一起飛費城，進住馬里奧旅館。

費城不愧為美國的古都，著名的獨立廳、第一個國會、獨立宣言的起草、

以及自由鐘、均位於此或發生於此。博物館、高等學府、交響樂團、各種展覽，到處都是，是一個高文化水準的都市。

大會於 6 月 27 日下午六時大會舉行歡迎酒會，除了點心外，酒要現場購買。我們相約於酒會後在中國城一家福州餐館聚會，席中除了原有的 8 人訪問團外，臨時又增加本協會前董事林學良先生。海外諮詢委員出席者計有吳全富、陳士友、劉重慶、鄭永松、卓鴻年、劉垂正，張賜元、梅念先、徐小樺、孫連陞等 10 位。首先由本協會曾董事長致歡迎詞，筆者略作補充說明，再由吳全富主席致答詞，隨即用餐，席開兩桌，相談甚歡。余家禮委員於次日趕來年會作專題演講。

飯後由每一位諮詢委員報告其近況，訪問團團員也報告其本身在台所負責的業務，以增進彼此的了解與未來的互動。會後得到以下的結論：

1. 有數位海外諮詢委員會表示願意來台擔任訓練班的主講，題目和時間待定。
2. 藉陳士友委員榮膺美國國家輻射度量與防護委員會(NCRP)的委員之便，由輻協與阿岡國家實驗室加強合作，在輻防法規上可彼此諮詢。

在大會期間除了可聽演講外，還有壁報可瀏覽，儀器商展示最新的產品，又有訓練班的講義可選購，可謂收穫豐碩。筆者也買了幾份講義，作為日後講課時的參考。

## 五、茶黨

保健物理年會於 7 月 1 日閉幕，7 月 2 日訪問團團員紛紛收拾行裝搭機返台。筆者因欲一窺質子治療的全貌，繼續北上飛波士頓，在諮詢委員羅源銓安排之下，先參觀麻州總醫院的質子治療設施。質子治療最主要的設備為一迴旋加速器，可加速質子至 230 百萬電子伏的能量。初步看來，整個設施，並非想像中那樣複雜，位於新竹市科學園區的同步輻射加速器要比質子治療的設施更複雜。只要稍加訓練，筆者認為我們的技術人員應可運轉這新穎的設施。

次日(7 月 3 日)訪羅源銓委員服務的麻州大學醫學中心，其加速器(光子為主)的準直儀屬於葉片裝置，可由電腦控制其照野的形狀和大小，也為最新穎的設備。

時值美國國慶前夕，又是長週末的假日，波士頓遊人如織。當年殖民地人民反抗英國統治即發生於波士頓，所謂「茶黨」係把由英國進口的茶葉拋入海中，此歷史故事猶為美籍人士津津樂道。

## 六、歸途

就在美國全國上下熱烈慶祝國慶的聲中，筆者離開波士頓搭機返台，結束了美國之旅，也飽嘗海外諮詢委員的人情味，赴美開會參觀訪問，所費不貲，惟期能從訪問中所獲得經驗和心得，回饋輻協與核能界，才不辜負北美之行。

▲八十八年度輻協各項訓練班預定時間表

(輻協)

班 別	訓 練 日 期	上 課 地 點	聯 絡 人
輻 防 班	88年11月15日至12月10日(47期)	清華大學	李貞君
非 醫 用 班	88年08月17日至24日(甲組)	清華大學	邱靜宜
〃	88年09月14日至21日(甲組)	清華大學	邱靜宜
〃	88年10月13日至20日(甲組)	高雄	邱靜宜
〃	88年10月19日至26日(甲組)	清華大學	邱靜宜
〃	88年11月23日至30日(甲組)	清華大學	邱靜宜
〃	88年12月08日至15日(甲組)	高雄	邱靜宜
〃	88年12月21日至28日(乙組)	清華大學	邱靜宜
鋼 材 班	88年09月22日至23日	清華大學	李貞君
〃	88年12月15日至16日	清華大學	李貞君
〃	88年12月22日至23日	高雄	李貞君

◎以上各項訓練班簡章備索，電話：(03)5722224◎

□專題報導

▲核醫正子放射藥物應用之輻射防護  
(台北榮民總醫院 核子醫學部 國家多目標  
醫用迴旋加速器中心 蔡親賢 劉仁賢)

自從正子電腦斷層攝影機問世以來，由於其獨特之活體生化造影功能，使得過去無法早期發現的癌症病灶，在其精準優異的造影下無所遁形，進而達到早期發現早期診治的目標，因此正子電腦斷層攝影 (Positron Emission Tomography, PET) 已成為未來核子醫學之主流。成立一完全的 PET 中心，必須要有 PET 攝影機、迴旋加速器及放射化學合成設備。至於臨床 PET 中心，則可選擇設置 PET 攝影機，由其他 PET 中心或核醫藥物供應中心提供 F-18 FDG (去氧葡萄糖)。就輻防觀點而言，一座加速器所產生的輻射有  $\alpha$  ,

$\beta^+$  ,  $\beta^-$  ,  $\gamma$  ,  $x$  ,  $n$  , 幾乎所有的輻射均包含在內，而正子放射實驗室非密封射源的防護問題。PET Scanner 放射師個人的體外曝露，和病人注射後的體內曝露等相關問題，均有別於傳統核醫輻射。七年前台北榮總成立了國內第一座國家多目標醫用迴旋加速器中心，在原能會的指導與清華大學江祥輝教授協助下，建立了完善的輻防系統，並在同仁努力下，輻防工作得以順利進行。國內各大醫學中心未來將陸續成立 PET 中心，筆者願意將輻防工作經驗與大家分享，以收它山之石的效果。本文擬先以正子藥物 511 keV 加馬射線的輻射防護來作討論：

一、正子放射藥物的製造與量測

PET 所使用之放射性核種主要有 O-15( $T_{1/2}$ :2min) 、 N-13 ( $T_{1/2}$ :10min) 、 C-11( $T_{1/2}$ :20min) 、 F-18( $T_{1/2}$ :109min) , 當正子放射核種由加速器產生後，放射化

學師即將其合成為葡萄糖、氨基酸、水…等化合物，供醫師為病患進行正子斷層檢查。正子與體內電子發生互毀（annihilation），形成一對方向相反之 511 keV 加馬射線，經由 PET 造影及電腦影像處理後，即可獲得功能影像及參數，供醫師診斷。在整個診斷過程中第一個重要課題是我們要使用多少劑量的藥物呢？太多劑量即違背了醫學曝露合理抑低原則，太少劑量又怕影像不清晰造成閱片上的困難，因此用藥的劑量必須有所根據，且必須非常嚴謹。對於一個放射製藥人員而言，提供一個正確的用藥劑量，在劑量品管上是相當重要的。在測量正子放射藥物上，必須考量二個問題，即：1.應選擇何種活度測量儀器？2.儀器本身的屏蔽是否足以防止輻射洩出造成放化人員額外曝露？通常在核醫藥品量測時，井形游離腔活度測量儀器是我們最好選擇。新型的度量儀器可有 F-18, C-11, N-13, O-15 顯示鈕，大可放心使用。舊形 Tc-

99m 度量儀器也可依照游離腔電流模式的原理來作一轉換。由於 F-18（511 keV）的加馬射線約為 Tc-99m（140 keV）的 3 倍，相同活性的 F-18 所產生的電流約為 Tc-99m 的 3 倍之多因此原可量測 Tc-99m 的最大活度儀器只能適用於 1/3 倍 F-18 活度量測。此外，傳統核醫所用的度量儀器，凹形外側均有 0.3~0.6cm 的鉛屏防護，使用於 PET 藥物的測量儀器，內側則使用 0.4~0.6cm 的鉛屏，且外側最少要有 5cm 的鉛磚，如此才能作到最適當的防護。

## 二、正子放射同位素的輻射劑量率及曝露率

在此我們將 F-18 及 Tc-99m 10mCi 的曝露劑量作一比較（8mCi~10mCi 通常為醫師所需要劑量）：Tc-99m 的常數為  $3.317 \times 10^{-5}$  (mSv-m<sup>2</sup>/h) /MBq，F-18 的常數為  $18.79 \times 10^{-5}$  (mSv-m<sup>2</sup>/h) /MBq，我們利用公式  $X = \Gamma \cdot A/d^2$  可得出相關比較值如表一：

表一、5cm 及 20cm 曝露率比較

同位素	20cm		5cm	
	劑量率 (mSv/h)	曝露率 (mR/h)	劑量率 (mSv/h)	曝露率 (mR/h)
Tc-99m	0.31	35	4.96	568
F-18	1.74	199	27.8	3189

由上表可看出在相同距離及同一活度，F-18 的曝露率約為 Tc-99m 的 6 倍之多。選擇 20cm 及 5cm 曝露率探討，是因為常用的長柄夾具約為 20cm，5cm 約為抽藥時手距針筒的距離。

## 三、正子放射藥物的輻射防護

體外輻射防護三原則：時間、距離、屏蔽在降低體外曝露上是一個簡單又方便的法則，同樣用於正子同位素防護上也是非常合適的。以時間為例，一般新進的製藥人員在抽藥訓練上，都會先以非放射性溶液置於鉛藥罐中練習抽取藥劑，其目的正是希望訓練

熟練的抽藥技巧，待正式抽取放射同位素時能迅速確實，以避免長時間曝露。由於正子藥物的能量高，所用的鉛藥罐比較重（約為 5.5kg 左右），熟練的抽取技巧訓練，正是以「時間」為考量的最佳應用。在藥品的傳送過程中，「距離」的防護原則扮演了重要的角色。由表一可知 F-18 在同一狀況下，曝露率約為 Tc-99m 的 6 倍，倘若利用距離平方定律估算，在傳統核醫所使用的夾具或長柄器具需要增長為 2.4 倍，才有同樣的防護效果。倘若在相同的作業時間和有限的工作空間中，無法有效的利用「時間」、「距離」二項防護原則，則「屏蔽」將是您最後的法寶。Tc-99m 的 HVL(half-value layer)為 0.026 cmPb(0.01 in)而 F-18 的 HVL 為 0.402 cmPb(0.16 in)，若要達到相同的屏蔽效果，正子藥物的鉛屏蔽須要比傳統核醫使用的鉛屏要厚 16 倍才行。例如過去在裝 Tc-99m 的鉛筒厚度為 0.32 cm(1/8 in)Pb，若要改裝 F-18 則需 5.12 cm(2 in)Pb 才有同樣屏蔽效果。目前坊間已有鎢金屬製品，厚度較薄重量較輕，使用較為方便。輻射防護的基本原則都是一樣的，從事 PET 造影作業只要增設相關的防護設備即可。最後一個重要的問題是廢棄物處理。由於正子同位素半衰期非常短，以最長的 F-18 為例，幾乎一天後（ $10T_{1/2}=18\text{hr}$ ），注射針筒之

輻射幾乎降為背景值，因此輻射廢棄物並不是考慮重點。反倒是感染及非感染性廢棄物分類才是我們所須注重的。在廢液處理過程，為了節省經費將正子放化實驗室的廢液貯存系統和核醫部門的廢液貯存槽合而為一使用，特別是和 I-131 廢液槽一起共用，是不正確的。一般核醫所使用的 I-131 廢液槽設計為 3 個，其目的是貯存衰變以達排放標準。I-131 半衰期長達 8 日，因此廢液槽容積的大小需根據 I-131 使用量及病患排泄量作一合理計算而設置。若把短半衰期正子放化實驗室的廢液排入 I-131 廢液槽中，有可能使貯存槽比當初規劃的容積提早注滿，但排放時間仍需以長半衰期 I-131 為主，容易造成三個槽均注滿，卻沒有一個可以達到排放標準的困境。是以表面上雖將正子放化實驗室廢液注入傳統核醫廢液槽看似可節省公帑，但實際上卻需建造更多 I-131 廢液貯存槽，得不償失。因此正子放化室廢液貯存應有專屬的貯存系統，且不需如 I-131 系統如此龐大，合理規劃即可。

以上主要是以 PET 中心正子放射藥物的輻防工作經驗作一基本探討，至於病患輻射劑量或工作人員曝露及加速器的輻射防護相關課題，將另文再作探討。

1. 歡迎賜稿，稿件請寄新竹郵政 2-33 號信箱或電傳 (03)5722521 輻防協會編輯組收。來稿一經刊登，略致薄酬(政令宣導文章，恕不給稿酬)。
2. 本刊因篇幅限制，新聞類每則請控制在 500 字以內，專題類每篇以 2000 字內為佳。
3. 歡迎訂閱(每年六期 180 元)。請洽：李孝華小姐 TEL：(03)5722224。

### ▲原能會建置與海關之電腦連線，以利放射源通關自動化（原能會消息）

原能會去年(八十七年)七月一日起公告半年，接受早期持有無照放射性物質及可發生游離輻射設備之單位補辦執照列管或報廢。截至十二月底止，計有各醫療院所、工業界及學術研究機構所持有之放射性物質35枚補辦執照，54枚補辦報廢；X光機方面，計有24部補辦執照，10部補辦報廢。無照之放射性物質包含鐳二二六、鈷六十、銻一三七等，除鐳二二六為原能會發照前，使用單位即已持有外，其餘無照放射性物質大多隱含於整廠輸入之設備內或代理商未協助使用單位向原能會申辦通關。

為加強放射性物質之管制，原能會已建置與海關之電腦連線，以求放射源通關自動化，除達成簡政便民，貨物快速通關外，海關以電腦取代人工比對，亦可讓原能會精確掌管放射源，以善盡對民眾輻射安全之維護及預防工作。

### ▲核三廠核子燃料運輸意外事件說明(原能會消息)

台電公司核能三廠於今(九)日凌晨，將新核子燃料以六只貨櫃自高雄港運往核三廠，途經東港大潭路時發生車禍，第一部貨櫃車突然偏向撞上無人在內之獨棟民宅，造成車頭及民房損壞。隨車戒護之核三廠保警及駕駛受傷，已立即送醫救治。車禍原因，正由有關單位調查中。

現場及受損之貨櫃，經隨車保健物理人員偵測結果，確認並無任何輻射異常或外洩情事。受損之貨櫃，已於今日上午六時運抵核三廠，廠方將會同燃料製造廠商技術人員開箱檢查。

該批核子燃料係供核三廠一號機第十三運轉週期使用，目前核三廠一號機為第十一運轉週期，預定三月底進入第十二運轉週期(每週期約18個月)，此次事件不致於影響機組之正常營運。原能會於今日凌晨接獲台電公司電話通報之後，至為重視，已要求該公司應儘速查明事件原因並提出檢討報告。

### ▲臺灣地區民生消費食品放射性含量檢測結果原能會消息)

行政院原子能委員會輻射偵測中心主管全國民生消費食品之放射性含量調查與檢測，定期採取米、麵粉、蔬菜、水果、肉類、蛋、鮮奶等十種國人主要食品進行放射性分析，在民國87年1~12月各項食品之檢測結果，食品中所含天然放射性核種鉀40，放射活度介於26~168貝克／公斤，人造放射性核種銻90、銻137之放射活度最大值為0.19貝克／公斤，評估國人因攝食所造成之輻射劑量小於1微西弗，遠低於一般民眾每年可接受5000微西弗之法規限值，無輻射安全顧慮。

蘇俄車諾比爾核電廠意外事故後，原能會為管制受污染之進口食品進入國內，

由經濟部商檢局加強對進口之大宗穀糧、冷凍肉類、奶粉等食品進行抽樣，並送至輻射偵測中心進行放射性檢測，在民國87年1~12月共計167件食品之檢測結果均符合進口食品之管制標準（銻134、137含量總合不得超過370貝克／公斤），這段期間偵測中心亦派員至消費市場採購乳製品、嬰兒食品飲料類等六大種主要進口食品110件進行檢測，天然放射性核種鉀40含量最大值為1842貝克／公斤，另僅三件進口奶粉測得微量銻137核種，活度最大值6.3貝克／公斤。今後有關國人所關切之食品放射性含量檢測，輻射偵測中心將持續不斷地進行，確保國人攝食之輻射安全。

▲環境保護與品質提昇的利器—核能研究所微量分析技術對於環境水質與污染源可提供精確的檢測服務(原能會消息)

為求國民的生活品質提升，環境保護工作日趨重要；而微量分析技術的開發，能找出細微污染源或污染的物質，為環境保護不可或缺之需求。核能研究所在這方面擁有多年的經驗所建立的微量分析實驗室，於八十五年十一月獲得環保署認可，取得環境檢測水質分析認證，包括水溫、透視度、導電度、總固體量及懸浮固體、溶氧量、生化需氧量、化學需氧量、水份、氟化物、陰離子界面活性劑、重金屬元素等20項檢測許可，對於環境水質檢測具備極高之公信力。

核能研究所微量分析實驗室包括有無塵室設施及高解析感應耦合電漿質譜儀等特殊儀器，藉由特殊程序及處理方法與技術，可測定各種無機化合物中之微量元素含量或所含之超微量元素；且可依不同污染物質中目標元素之含量比例差異來鑑別其污染源。對環境中空氣浮塵之污染元素，則可依照檢測同位素比值之異同來追蹤其來源。另外，可利用中子活化分析技術來分析多種元素，並同時測定其中的微量元素，用以斷定環境試樣內的成份，如土壤中微量鎘、河底淤泥中所含的污染重金屬、空氣中所含之重金屬量以及稻米、麥粒中所含之有害元素等。對人們周邊環境污染來源之掌握，提供環境保護與管制上的功效。目前更進一步將中子活化分析技術應用到中醫藥材上分析其中所含之有毒重金屬，為保障國人的健康盡一份力量。

核能研究所微量分析技術精確可靠，除經常參加國際上所舉辦的分析比對外，歷年來並曾接受所外台電、杜邦、中央研究院、台灣大學等單位之委託分析服務，信譽佳並具公信力，歡迎各界委託分析工作。

▲核能研究所核能儀器組品質系統通過經濟部標準檢驗局ISO 9001品質保證制度認可登錄

認可登錄的範圍包括：

核能儀器與系統及民生應用元件與儀器之開發。

核能儀控相關工程及輻射儀器檢測之服務。

核能研究所是我國核能科技研究的重鎮，多年來從事核能工程技術、核能安全、輻射防護與偵測、放射性廢料處理、原子能民生應用及其它相關技術等研發工作，成果豐碩，績效斐然。近年來核能研究所全面致力對外開放，積極建立與各界的溝通管道，並廣泛推廣研發成果，已普獲大眾及各界的肯定。

推展ISO國際標準品質保證制度已是國際間一致的潮流、趨勢與共識。核能研究所有鑑於此，特別要求所屬各單位全面推動品保制度，改進品保系統，以提昇研發成果之品質。在夏所長的激勵下，該所核醫製藥中心在八十七年六月順利獲得德國TUV公司ISO9002國際標準品質保證制度驗證通過，接著在同年十二月該所的核能同級品零組件檢證中心也獲得經濟部商品檢驗局ISO 9002國際標準品質保證制度驗證通過。該所核能儀器組更朝全組全員品保目標規劃努力，經一年多持續不斷的檢討、改進與努力，終於獲得經濟部標準檢驗局ISO 9001品質保證制度認可登錄。核能研究所各單位陸續獲得國際標準品質保證制度的驗證通過，證實該所在推動品保的用心及努力。

核能儀器組主要的工作任務是核能儀控相關技術與游離輻射量測儀器的研發，包括核儀系統整合設計及驗證能力的本土化、推展核能同級品零組件檢證服務。近年來核能儀器組更積極從事民生應用元件、儀器和系統開發及技術移轉，如藍色發光二極體、紅外線耳溫計、核醫探測儀等。有鑑於核能工業及民生應用均對品質要求極為嚴謹，早於民國八十二年即針對核能同級品零組件檢證需求建立核能法規的品質系統，並於八十三、八十四年先後獲得原子能委員會及中華民國實驗室認證體系（CNLA）評鑑認可。基於推廣應用及提昇產品與服務品質的需求，核能儀器組更進一步將核能儀器與系統開發、民生應用元件與儀器開發、核能儀控相關工程服務及輻射儀器檢測服務等核能儀器組的四大類工作均納入ISO 9001品質保證制度認證範圍，經經濟部標準檢驗局嚴格評鑑下，獲得ISO 9001品質保證制度認可登錄誠屬難能可貴。

在夏所長的激勵及領導下，核能研究所力求技術精進及持續改善品質的努力是有目共睹的，繼核能儀器組獲得全組ISO 9001品質保證制度認可登錄，相信陸續會有更多單位獲得國際品質保證制度的認可登錄，國人將可獲得更安全與更可靠的核能相關之產品與服務。

#### ▲核能研究所開發成功耳溫計關鍵零組件-紅外線熱電感測元件

耳溫計由於具有方便、快速與安全等特點，已逐漸取代傳統水銀體溫計成為居家保健所必需；去年在國內的銷售量超過了卅萬台，市場潛力相當驚人。基於此，目前國內已有多家廠商積極進行耳溫計的製造，然而大家都面臨了一個問題，耳溫計的關鍵零組件-紅外線溫度感測器仍需仰賴國外供應，未來在產品的製造與價位將難免受制於人。行政院原子能委員會核能研究所近年來積極推廣原子能民生應用，已開發成功紅外線熱電堆，可做為耳溫計的主要感測元件。

目前市售耳溫計所使用之溫度感測器，已經有自焦電式感測器改為較先進的紅外線熱電堆之趨勢，紅外線熱電堆感測元件在結構上是由一「堆」熱電偶串聯組成，只要熱電偶之冷/熱接點間有溫差，即可產生輸出電壓信號，使用上非常方便。核能研究所鑑於此，二年前即進行紅外線熱電堆之開發，在元件製程上，採用了積體電路（IC）平面製程技術與微機械製程異向蝕刻技術，使得熱電堆的製造具有量產化與積體化之潛力。而研發完成之熱電堆，其性能及感測靈敏度與國際知名同型熱電堆元件比較毫不遜色。此外，核能研究所並利用開發成功的紅外線熱電堆感測元件組裝成耳溫計，性能穩定，較市售同型耳溫計功能有過之而無不及。

紅外線熱電堆除了在耳溫計上之應用外，在其他如防災、防盜，乃至智慧型家電用品上，亦可發揮其功能。核能研究所開發成功此一關鍵零組件，已為推動國內相關產業技術生根邁出了第一步。

#### ▲我國研究用核子反應器用過核燃料回運美國乙案已順利執行完畢

美國能源部於1996年5月13日通過立法，公布將自1996年起10年內，回收源自美國製造之研究及教學用核子反應器之用過核燃料，我國清華大學水池式反應器及核能研究所微功率反應器產生的用過核燃料共七十組，符合該法案之規定。依美方之作業規劃，我國係併同泰國、印尼及菲律賓等國執行運送。該批用過核燃料於今（88）年3月16日啟運，已於4月24日安全運抵美國，並移交由美國能源部接收管理。

本項用過核燃料回運作業，係由美國能源部主辦。由於回運作業涉及安全管制核物料之跨國運送，依據國際規定載運船隻需符合國際海事組織之規定，載運作業並應符合國際原子能總署及接收國之規定。清華大學及核能研究所依據原能會規定提出輸出計畫、安全管制計畫、運送計畫及緊急應變計畫等相關文件，由原能會邀集學者專家進行審查。陸運作業時，原能會並派員全程監督，以確保作業安全。

運送作業係委請美國專業運輸公司執行，作業使用之運送櫃，係經特殊安全設計及嚴格測試，並取得美、法等國相關主管機關核發之使用許可證明。回運作業係以專門用來運送核物料的特殊專用船舶執行，運送時，特別裝置衛星定位系統，由衛星全程追蹤，以加強運送期間之安全。

本項回運作業可有效紓解清華大學及核能研究所之用過核燃料貯存問題，並減少未來執行最終處置之容量，對國內用過核燃料管理具有正面意義。

#### ▲原能會積極研訂「放射性廢料管理法」，強化管理制度與管制措施

(原能會消息)

放射性廢料管理具有長久性與環境保護的特性，各核能先進國家，近幾年來在放射性廢料貯存與最終處置上頗為積極。我國亦有必要及早因應立法，以加強安全管理。有鑒於此，原能會物管局參酌歐、美、日等國放射性廢料管理法令，並針對實際狀況與未來發展趨向，研擬完成我國「放射性廢料管理法」草案。

該法草案除明示放射性廢料管理制度及管制措施之基本原則外，並導引具體的施行制度與相關罰則，以期落實安全管理放射性廢料的總目標。該法分為五章，第一章為「總則」，明定立法之宗旨在於妥善管理放射性廢料，以防止其放射性危害，確保公眾安全。第二章為「安全管制」，明定廢料運送、處理、貯存及最終處置設施之各項安全管制規定。第三章為「營運管理」，規劃廢料營運之各項管理制度，包括核能發電後端營運費用基金提撥制度，以及廢料之最終處置得由主管機關報請行政院指定有關部會設立專責機構負責，以貫徹事權統一、分層負責之原則。第四章為「罰則」，對違反本法各條規定，兼採行政刑罰與行政秩序罰則，作為有效達成管制目的之手段。第五章為「附則」，規定可不適用本法之排除條款。

本項立法未來完成後，將成為我國放射性廢料管理之基本法，除可引用作為放射性廢料相關管理規則訂定之法源外，對放射性廢料管理體系的建立，亦影響深遠，當可厚植我國放射性廢料管理根基。